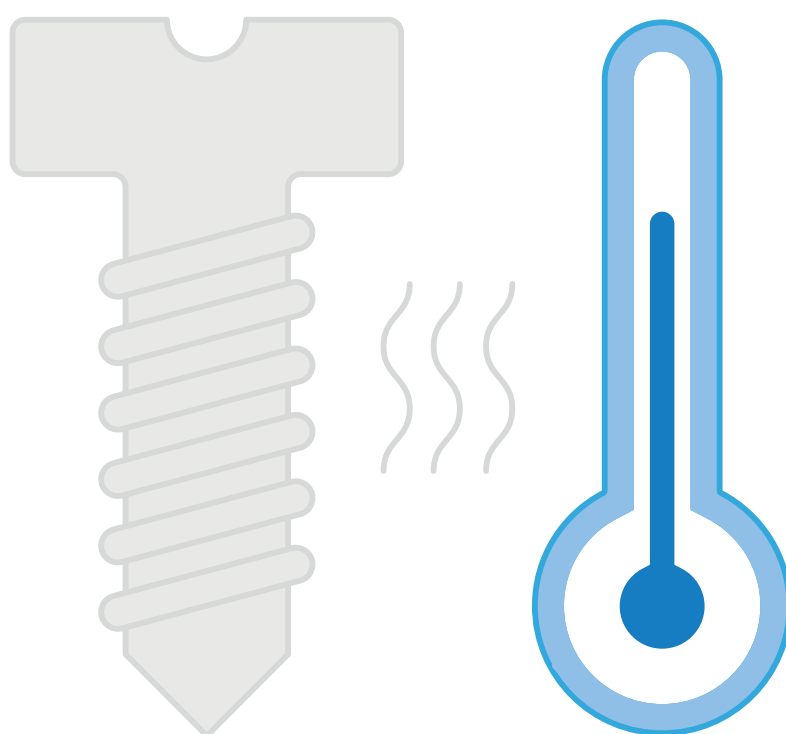




Varmebehandling af befæstelseselementer

White Paper

Varmebehandling af befæstelseselementer

af Fadi Saliby

Bossard Ekspertteam
Bossard Canada

www.bossard.com



ASSEMBLY
TECHNOLOGY
EXPERT

VARMEBEHANDLING AF BEFÆSTELSELEMENTER

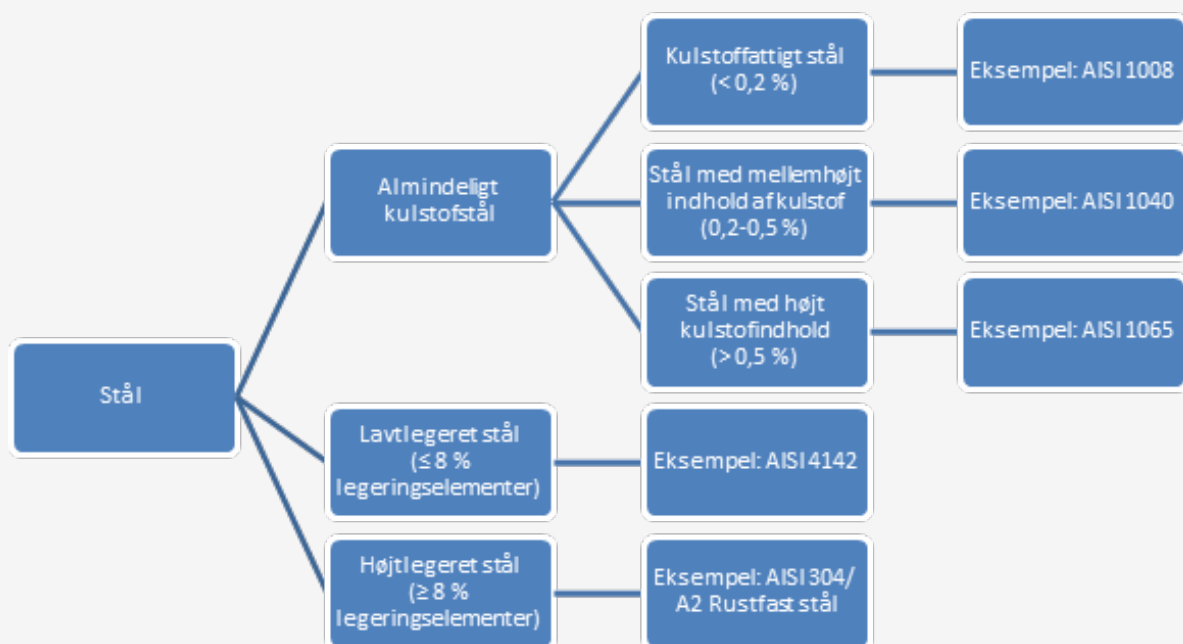
Introduktion

Befæstelselementer fås i en række forskellige materialer. Valget af materialer afgøres af anvendelsen og miljøet. Stål og rustfast stål er de mest populære materialevalg, men aluminium og andre ikke-jernholdige legeringer er også tilgængelige. Afhængigt af det valgte materiale, er der påkrævet forskellige processer for at opnå korrekte mekaniske egenskaber. Varmebehandling er en proces, der anvendes for at opnå øget mekanisk styrke, sejhed, hårdhed og for visse legeringer -

øget korrosionsbestandighed. Følgende afsnit vil gennemgå et par eksempler på materialer, der skal varmebehandles, inden de tages i brug.

Stål

Den mest anvendte materialegruppe i fremstillingen af befæstelselementer er kulstofstål og legeret stål. Stål klassificeres som:

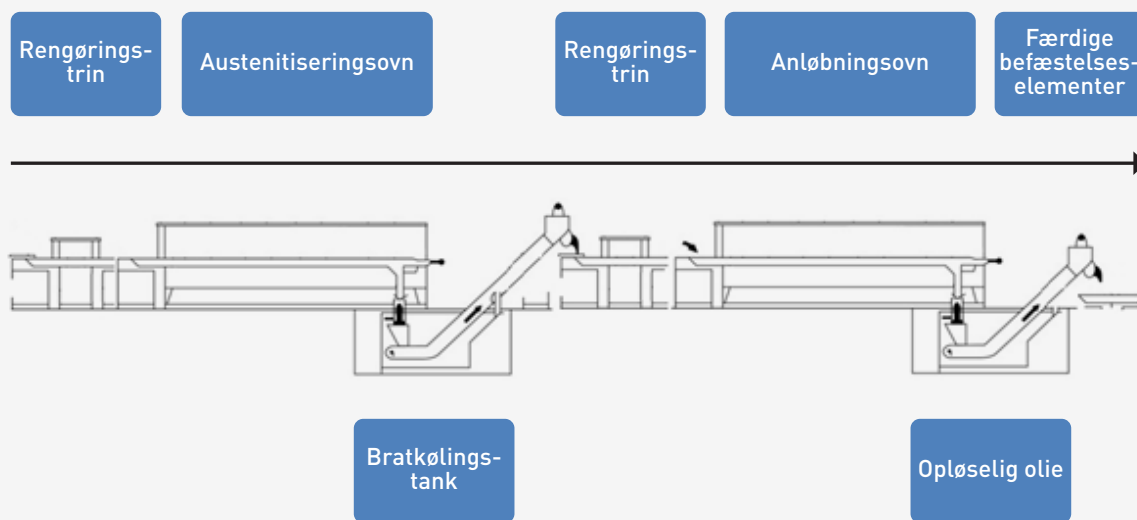


Stål klassificering

Før produktionen af befæstelseselementerne startes op, bliver ståltråden indledningsvis varmebehandlet for at lette koldformningen. Denne varmebehandling kaldes sfæroidisering. Det blødgør stålet, forbedrer koldformningen og reducere værktøjsomkostningerne. Efter koldformningen af befæstelseselementet, har det anvendte materiale opnået en øgning af styrke, p.g.a. den mekaniske deformation, men kan ikke opfylde de fysiske og mekaniske egenskaber angivet i specificationerne for befæstelser af høj styrke (styrkeklasse 8.8 / 10.9 / 12.9).

De netop koldformede befæstelseselementer gennemgår derefter en 2-trins varmebehandlingsproces:

Austenitisering og anløbning

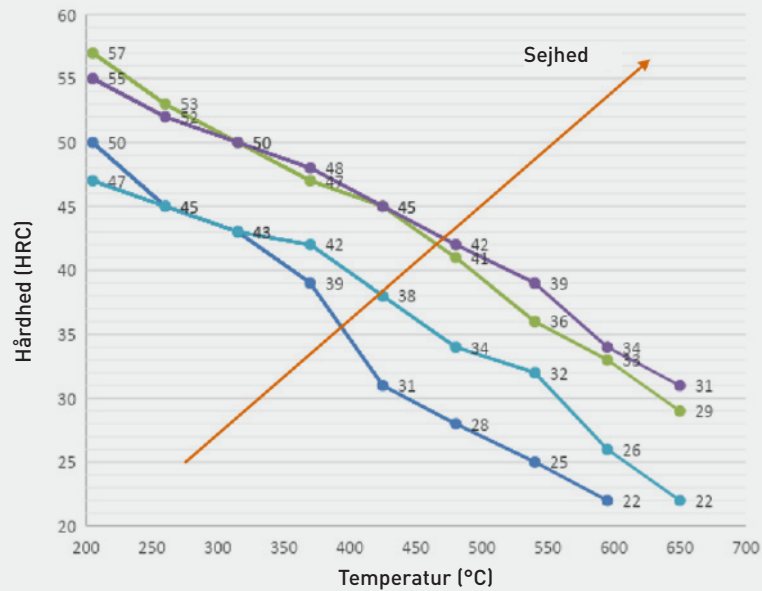


Austenitisering og anløbning

Dette er den mest almindelige varmebehandlingsproces, der bruges i branchen. Austenitiseringsprocessen er en opvarmning, hvor befæstelseselementerne typisk varmes op til mellem 815-870 °C, i et bestemt tidsrum. Derefter bratkøles emnerne for at opnå en hårdere/stærkere mikrostruktur kaldet martensit. De mest almindelige bratkølingsmedier er enten olie eller vand. Ved dannelsen af martensitisk mikrostruktur er stålet blevet meget hårdt, men også meget skørt.

Derfor udføres der umiddelbart efter bratkølingen en anløbning, dvs. en varmebehandling, hvor stålet mister lidt af den opnåede hårdhed, men samtidigt fjernes spændinger i stålet og det bliver sejere og mere stabilt. Den ønskede hårdhed kan opnås ved at styre anløbningstemperatur og varighed. Figuren viser nogle eksempler på anløbningstemperaturer, der påvirker den endelige hårdhed af 4 forskellige stål.

Anløbningstemperaturens indvirkning på forskellige stål efter 2 timer



Anløbningstemperaturens indvirkning (Kilde: ASM Håndbog: Bind 4 – Varmebehandling)

Rustfast stål

Rustfast stål klassificeres som jernbaserede legeringer med mindst 10,5 % krom. De kan grupperes under følgende 5 typer:

Typer	Grundlæggende kemi	Generelle egenskaber
Austenitisk	Minimum 16 % krom og 6 % nikkel	Høj temperatur- og korrosionsbestandighed
Ferritisk	Krom mellem 10,5 % og 18 % lille kulstofindhold	Moderat korrosionsbestandighed
Martensitisk	Krom mellem 10,5 % og 30 % højt kulstofindhold	Høj styrke og moderat korrosionsbestandighed
Duplex	Krom mellem 19 % og 32 % med vigtige niveauer af molybdæn og nikkel	Højere styrke og korrosionsbestandighed end austenitiske ståltyper
Udfældningshærdende	Krom mellem 11,75 % og 17 % med vigtige niveauer af nikkel og/eller aluminium	Høj styrke og god korrosionsbestandighed

Austenitiske ståltyper

Austenitiske ståltyper såsom AISI 304 (18-8, A2) og AISI 316 (A4) kan ikke hærdes ved varmebehandling. Denne type rustfast stål kan kun hærdes under fremstillingsprocesser som f.eks. koldformning og gevindrulning. Denne hærdningsproces kaldes koldbearbejdning. Dog foretages der i nogle tilfælde en varmebehandling, for at hjælpe med at genskabe korrosionsegenskaberne og fjerne restspændinger fra fremstillingsprocesser som f.eks. svejsning. Koldbearbejdning øger den magnetiske permeabilitet - en varmebehandling kan udføres for at fjerne koldbearbejdningens indvirkning på emner, der kræver lav magnetisk permeabilitet.

Ferritiske ståltyper

Ferritiske ståltyper som AISI 430 kan kun hærdes en smule ved koldbearbejdning. Varmebehandlinger øger ikke styrken af denne type rustfast stål. Koldbearbejdningssproessen, under fremstilling, vil dog reducere sejheden, og derfor er der behov for udglødning for at opnå den igen.

Martensitiske ståltyper

Martensitiske ståltyper som AISI 410, AISI 431 og AISI 440A/B/C/F varmebehandles på samme måde som kulstof- og legeret stål. Disse ståltyper kan hærdes ved bratkølning i enten olie eller luft.

Duplex ståltyper

Duplex ståltyper som SAF 2205 ® (UNS S31803) anvendes, når der er krav om høj styrke (dobbelt så stor flydespænding i forhold til almindelig austenitisk rustfast stål) og større korrosionsbestandighed imod klorid induceret spændingskorrosion. Denne ståltype består af en blanding af to mikrostrukturer: ferrit og austenit. Varmebehandling sker ved udglødning.

Udskillelseshærdende ståltyper

Udskillelseshærdende ståltyper består af 3 typer: lav kulstof martensitisk, semi-austenitisk og austenitisk. Hver type har sin unikke varmebehandlingsfremgangsmåde for at opnå de ønskede mekaniske egenskaber og korrosionsegenskaber. Udfældningshærdning er et varmebehandlingstrin, der øger materialernes styrke. Denne type varmebehandling kan også udføres på andre legeringer som aluminium, titanium, osv.

Aluminium

Aluminiumlegeringer kan klassificeres som ikke-varme hærdbar og varme hærdbar. Ikke varme-hærdbar aluminium svarer til 1XXX-, 3XXX-, 4XXX-, 5XXX-serierne. De fleste af disse vil være afhængige af koldformning, gevindformning og deformationshærdning for at opnå styrke. Når deformationsbelastningen øges, øges styrken ligeledes.

De varme hærdbare aluminiumsserier 2XXX, 6XXX og 7XXX kræver opløsningsglødning og bratkøling efterfulgt af modningshærdning (ældning) for at opnå de ønskede mekaniske egenskaber. En fast opløsningsglødning får legeringsatomer til at sætte sig mellem aluminiumsatomer uden at danne forbindelser. Følgende er de mest almindelige typer af legeringer og varmebehandlinger:

Legering og hærkning	Varmebehandling ¹	Resulterende hårdhed (HRB) ²	Brudstyrke (MPa) / Strækgrænse (MPa) / minimum forlængelse (%) – bearbejdet prøve ²
2024-T4	Opløsningsglødet ved 495 °C og koldhærdet (rumtemperatur)	70-85	427 / 275 / 10
6061-T6	Opløsningsglødet ved 530 °C og kunstigt modnet ved 160 °C	40-50	290 / 241 / 10
7075-T73	Opløsningsglødet ved 490 °C derefter specielt kunstigt varmlagret (2-trin: 107 °C + 177 °C)	80-90	469 / 386 / 10

Titanium

Titaniumlegeringer bruges, når korrosionsbeskyttelse, styrkeegenskab og vægtbesparelse er vigtig. Vægtbesparelse er 40 % af stål med samme styrke afhængig af typen af titanium. Disse egenskaber gør brugen af denne legering til et let valg til for eksempel flyindustrien og racerbilindustrien. Grade 5 er en af de mest populære titaniumstyper, der bruges til fremstillingen af befæstelseselementer. Følgende tabel oplyser varmebehandling og mekaniske egenskaber for titanium grade 5.:

Legering og hærkning	Varmebehandling ¹	Resulterende hårdhed ²	Brudstyrke (MPa) / Strækgrænse (MPa) / minimum forlængelse (%) – bearbejdet prøve ²
Grade 5 (Ti-6AL-4V)	Opløsningsglødet mellem 955-970 °C i 1 time, vandbratkølet og modnet i enten 4-8 timer mellem 480-595 °C eller 2-4 timer mellem 705-760 °C	30-39 HRC	896 / 827 / 10

¹ ASM Håndbog – Bind 4

² ASTM F468

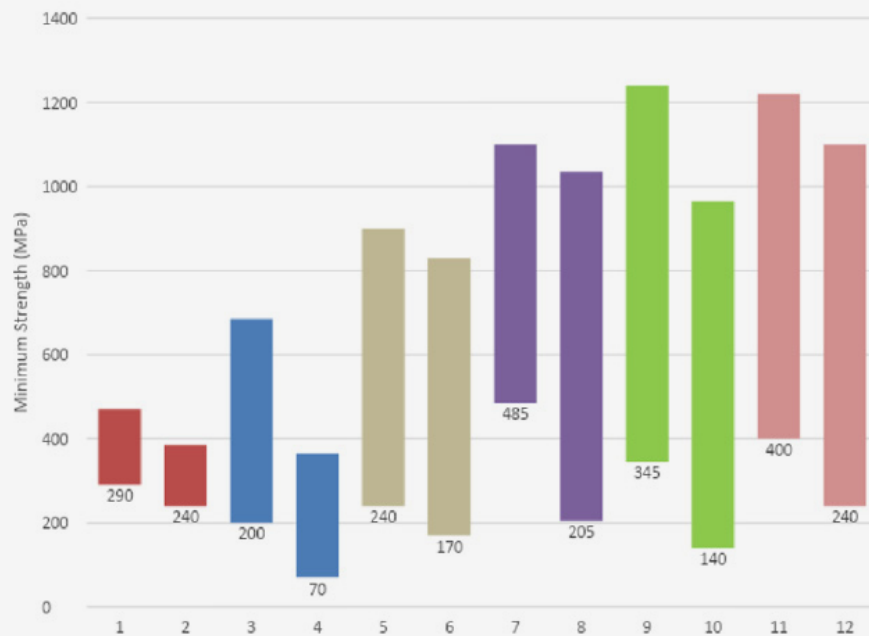
Nikkellegeringer

Nikkelbaserede legeringer anvendes, hvor høj korrosion- og varmebestandighed er påkrævet. Eksempler på samlinger er fly og landbaserede gasturbinemotorer, og kryogen opbevaring. Inconel® 718 er et eksempel på en legering, der bruges til fremstillingen af befæstelseselementer. Dette materiale kan bruges til samlinger ved temperaturer fra -250 til 700 °C.

Legering og hærkning	Varmebehandling ¹	Minimum-hårdhed ²	Brudstyrke (MPa) / Strækgrænse (MPa) / minimumforlængelse (%) - bearbejdet prøve ²
Inconel® 718 (AMS 5662)	Opløsningsglødet ved 980 °C i 1 time, luftkølet og modnet til 720 °C, i 8 timer; ovnkølet til 620 °C, indtil ovntiden for hele modningshærdningen svarer til 18 timer; luftafkøling.	331 HBW	1275 / 1034 / 12

⁵ <http://www.specialmetals.com/documents/Inconel%20alloy%20718.pdf>

Følgende graf viser minimum styrkeområder for legeringerne:



Forskellige legeringer kræver forskellige varmebehandlinger, for at opnå de ønskede egenskaber. Nogle legeringer, der bruges i fremstillingen af befæstelseselementer, kan anvendes som de er, men når der kræves høje styrkeegenskaber, fordres en varmebehandling, som er udført korrekt. Hvis du ønsker yderligere oplysninger vedrørende befæstelseselementers varmebehandling, kan du kontakte Bossard.

Referencer:

1. ASM Håndbog – Bind 4
2. ASTM F468
3. ASTM F593
4. ISO 898-1
5. www.specialmetals.com



Hvis du har brug for yderligere hjælp eller har specielle krav til din applikation, kan du kontakte os på www.bossard.dk og vores ingeniører vil vende tilbage til dig.